



# A Experiência Cabo-verdiana como Instrumento de Gestão das Bacias Hidrográficas Mosteiros, Ribeira do Paul e Ribeira Fajã servindo de Apoio à Agricultura Irrigada.

**ANTÓNIO PEDRO Said Aly de PINA**

Eng.º Químico,  
Instituto Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos  
Cabo Verde Tel.: (238) 262 91 66 – Email: [antoniopp@ingrh.gov.cv](mailto:antoniopp@ingrh.gov.cv); [salypina@hotmail.com](mailto:salypina@hotmail.com);

## **RESUMO.**

O sector dos Recursos Hídricos vem ganhando importância e interesse por parte da sociedade Caboverdiana que se consciencializou de que o recurso é escasso, o desperdício é alto e a qualidade está sendo prejudicada. Tal constatação tem provocado actualmente grandes discussões sobre a racionalização e o aproveitamento de águas de qualidade inferior. No entanto, a utilização dessas águas na agricultura, requer um controlo eficiente do processo de salinização no solo a fim de se evitar prejuízos ainda maiores ao meio ambiente.

A experiência Cabo-verdiana neste campo é recente e a filosofia adoptada é fortemente marcada pela participação da sociedade na elaboração dos planos, como forma de dar-lhes maior legitimidade, na medida que eles passam a incorporar as reivindicações, anseios e propostas da comunidade.

Os estudos desenvolvidos buscam a elaboração de um diagnóstico da situação actual dos Recursos Hídricos que possibilite traçar diferentes cenários, analisando alternativas de crescimento demográfico, da evolução de actividades produtivas e das modificações dos padrões de ocupação do solo.

Para consecução desses objectivos definiu-se um termo de referência abrangente, o qual é adequado à realidade de cada bacia hidrográfica.

**Palavras-chave:** Água subterrânea, uso sustentável e prevenção contra a salinização.

## 1. INTRODUÇÃO.

Em termos geográficos, praticamente em toda a costa caboverdiana, ocorrem solos salinos associados aos borrifos marinhos e influenciados pela tábua das marés. O clima, factor isolado e directamente responsável pela ocorrência de solos salinos (holomórficos) no território e nas zonas com altitudes inferiores a 10m em relação ao nível do mar, drenagem intermitente, proximidade do lençol freático, resultam no processo pedogénico de formação de solos holomórficos. Cabo Verde, com clima semi-árido (período de seca igual ou superior a 9 meses por ano e precipitações médias anuais baixíssima), as maiores incidências de áreas salinizadas se concentra nos chamados Perímetros Irrigados, devido a falhas no manejo da irrigação e drenagem.

Os efeitos negativos da salinidade podem ser observados no “stand”, no crescimento e rendimento das plantas e, em casos extremos, na perda total da cultura. Pode inclusive, prejudicar a própria estrutura do solo pois a Absorção de Sódio pelo Solo, proveniente de águas dotadas de elevados teores deste elemento, poderá provocar a dispersão das fracções de argila e, consequentemente, diminuir a permeabilidade do solo.



**Fig.1:** Panha da areia no interior da ilha de Santiago.

Estudos científicos e algumas experiências localizadas têm demonstrado, no entanto, que práticas convencionais de redução de problemas decorrentes da salinidade são onerosas e na maioria das vezes inviáveis do ponto de vista económico. Assim como, práticas alternativas de convivência ainda não estão disponíveis em grande escala para que se possa avaliar sua rentabilidade em termos económicos e efeitos na melhoria da qualidade de vida do solo. Espécies adaptadas ao extremo de salinidade, num futuro próximo, podem se constituir em alternativas viáveis para se conviver com os problemas da salinidade induzida e, incorporar os solos salinizados ao processo de produção agrícola.

Entretanto, todos os factos aqui mencionados ressaltam, portanto, a importância da prevenção da salinidade.

O objectivo deste trabalho é discorrer sobre técnicas importantes a serem utilizadas em áreas irrigadas a fim de se evitar ou minimizar os efeitos da salinidade respondendo positivamente o brinde do MCC – MCA para Cabo Verde.

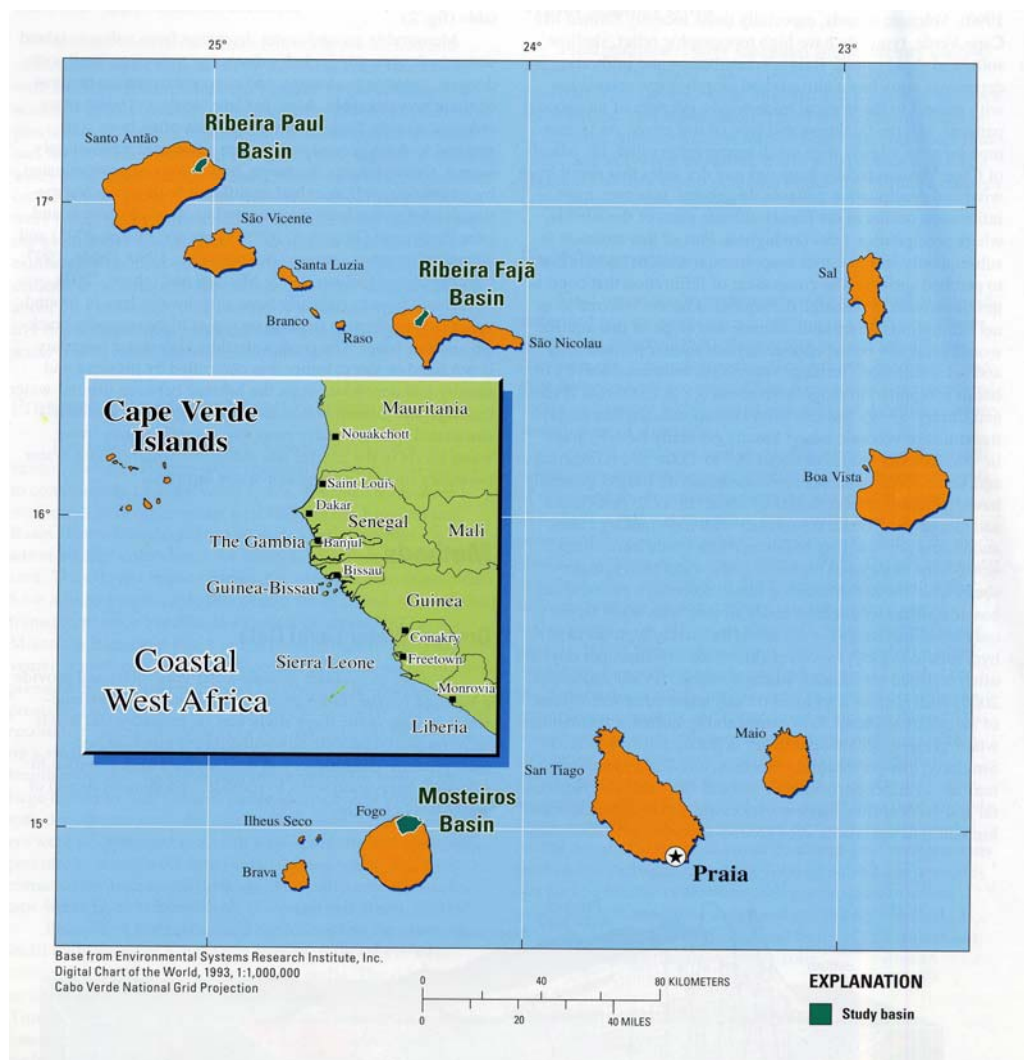
## 2.CARACTERÍSTICAS DO CONJUNTO.

O arquipélago de Cabo Verde está situado no Oceano Atlântico, sobre a vertente continental africana, entre as latitudes de 15 e 17°N e as longitudes de 23 e 25°W, aproximadamente.

A vertente continental tem ali profundidade da ordem de 4000m.

O arquipélago (fig.2) compõe-se de dez ilhas que parecem formar um arco, aberto do lado ocidental. A área total é de 4033Km<sup>2</sup>; a ilha maior (Santiago) tem 991 Km<sup>2</sup> e a menor (Santa Luzia) tem apenas 35 Km<sup>2</sup>. Existem ainda vários ilhéus (com áreas até 7 Km<sup>2</sup>).

As ilhas continentais distam cerca de 500Km da costa africana. O mar, entre as ilhas e o continente, tem profundidade superior a 3000m.



**Fig.2:** Localização do arquipélago de Cabo Verde e das Bacias Hidrográficas em estudo.

**O clima** é muito árido. As ilhas estão compreendidas na faixa climática responsável pelo deserto norte – africano, junto à zona de transição para o clima tropical; a chuva é escassa e cai durante o verão. A precipitação varia muito com a altitude; nas ilhas baixas a chuva anual atinge às vezes 100mm; nos cimos das montanhas caem durante o ano 1000mm ou mais. Embora a precipitação total seja, em regra, diminuta, o número de dias de chuva é também muito pequeno e por isso as poucas chuvadas costumam ser bastante fortes, causando frequentes enxurradas.

**A temperatura** é quase uniforme; as médias mensais ao nível do mar oscilam apenas entre cerca de 22°C e 26°C no verão. O vento dominante é o alisado de nordeste; excepcionalmente, sopra de leste o harmatão quente e seco, trazendo poeiras do deserto do Sahara.

As ilhas são constituídas por rochas vulcânicas que, em muitos casos, estão sobrepostas a uma base mais antiga com intrusões de rochas granulares (cf. FRIEDLANDER, 1913). As rochas vulcânicas compreendem especialmente lavas e escórias de hábito basáltico e cúpulas ou tufos feno líticos. A rocha granular e predominante é o sienito nefelínico.

Em muitas das ilhas reconhecem-se, também, a altitudes de várias dezenas de metros, terraços, devidos a abrasão marinha.

A geologia do arquipélago de Cabo Verde foi estudada por BACELAR BEBIANO entre 1926 e 1931.

### **3. DISCRICÃO SUMÁRIA DAS ILHAS.**

O arquipélago de Cabo Verde ocupa posição geológica de destaque entre as ilhas Atlânticas, facto que resulta, principalmente, de aparecerem ali formações de idade mesozóica. Nos outros arquipélagos do Atlântico Norte as rochas mais antigas são, talvez, miocénicas.

As três (3) Bacias Hidrográficas; Mosteiros no Fogo; Ribeira do Paul em Santo Antão; e Ribeira Fajã em São Nicolau constituem a área de estudo.

#### **3.1. A ILHA DO FOGO.**

A ilha do Fogo é ainda, um vulcão activo; nas restantes o vulcanismo deve, talvez, considerar-se extinto, não devendo, em muitas das ilhas, ter havido qualquer actividade desde o Pliocénico.

Abundam calcários fossilíferos que resultam, em geral, da submersão temporária de algumas das ilhas durante o Terciário.

Na ilha do Fogo parece ter havido duas fases vulcânicas distintas: o complexo carbonatítico está recortado por numerosos filonetos de lavas alcalinas, mais ou menos alternadas, que não penetram, em caso nenhum, nas lavas modernas que cobrem agora o complexo.

A intrusão destes filoões talvez tenha produzido erupções à superfície, mas os respectivos produtos terão sido removidos pela erosão. Esta actividade pode ter sido submarina.

Mais recentemente, depois dos carbonatitos se terem elevado acima do mar, a actividade vulcânica da ilha do Fogo concentrou-se a leste daquele complexo, mais antigo, tendo construído um grandioso cone que deve ter atingido perto de 4000m de altitude. As lavas são nefeliníticas ou afins e alteram com camadas de piroclastos; numerosos cones de escórias distribuem-se também pelos flancos da montanha (cf. MACHADO E ASSUNÇÃO, 1965), muitos deles tendo dado origem a correntes de lava.

A grande altura da parte central da montanha deve ter causado desequilíbrio isostático no tecto da câmara magnética e produzido um notável afundamento circular, com 8Km de diâmetro, que é a Caldeira da Chã. O bloco central desceu cerca de 100m.

O cone devia ser assimétrico, talvez em consequência de falha profunda. Por causa desta assimetria, o bordo da Caldeira era mais baixo do lado leste; as lavas recentes encheram o fundo da caldeira e transbordaram por esse lado.

Da última erupção, estudos completos, o cone central está, actualmente, 1200m acima de Chã, atingindo a altitude de 2829m. A cratera principal tem 500m de diâmetro e cerca de 180m de profundidade. Dentro há sulfataras activas.

Num dos cones adventícios de 1951 aparecem fumarolas, quando chove, porque a temperatura do solo é ainda superior a 100°C.

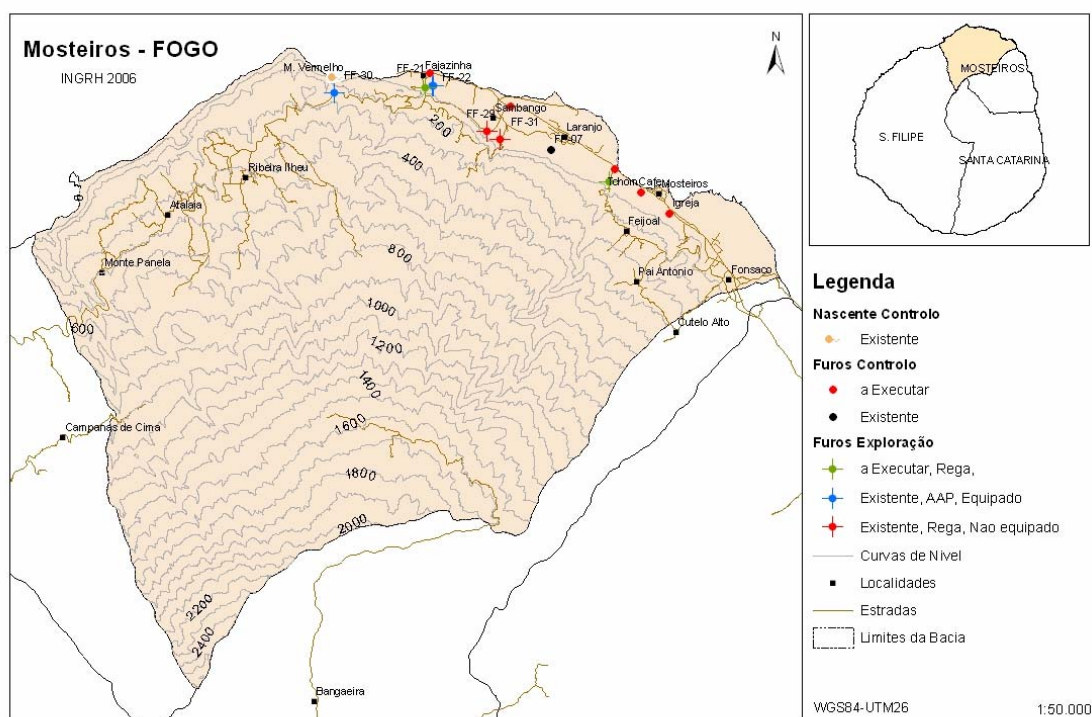
Na ilha do Fogo, as condições de pluviosidade são muito dependentes da altitude e da exposição aos ventos dominantes. A beira-mar, do lado sul, a precipitação média anual não atinge 200mm, na costa do lado norte o valor é já duplo, e dentro da caldeira a média anual excede 1000mm.

Esta chuva é suficiente para alimentar níveis aquíferos mas, infelizmente, as lavas recentes estão fendilhadas e apresentam permeabilidade. A água infiltra-se e praticamente só para no nível de base. Por isso, as melhores nascentes surgem ao nível do mar; servem bem para o abastecimento da população, mas não permitem regadio.

Excepcionalmente há águas retidas por tufos impermeáveis que alimentam pequenas nascentes altas (dentro e fora da caldeira).

As reservas a níveis elevados devem ser, porém, insignificantes, servindo, quando muito, para o abastecimento de alguns pequenos núcleos populacionais.

**Fig.3:** Ilha do Fogo – Bacia Hidrográfica do Mosteiros, pontos de exploração e de captação da água.



- **Superfície:** 476Km<sup>2</sup>.
- **Ponto Culminante:** 2800m.
- **Recursos Hídricos:** Há muito poucas fontes em altitude e elas têm um fraco caudal. Quase toda a água da chuva infiltrada corre no subsolo até ao mar. As duas fontes principais (> 1000m<sup>3</sup>/dia) situam-se na costa. Elas são exploradas para alimentar a ilha obrigando grandes bombagens para levar a água até as zonas habitadas. O vulcão do Fogo, é um vulcão activo que pode alterar a qualidade da água.
- **Pluviometria:** É a ilha mais atingida pela chuva entre 150 – 1150mm/ano. A região Nordeste compreendida entre 1000 e 1150m de altitude é a que recebe mais chuva, podendo receber até 1150mm/ano. Enquanto que o sector Sudeste, “sob o vento”, recebe anualmente menos de 300mm/ano de chuva. O volume da água correspondente é de 252.436.000m<sup>3</sup>/ano, ou seja, 523L/m<sup>2</sup>.



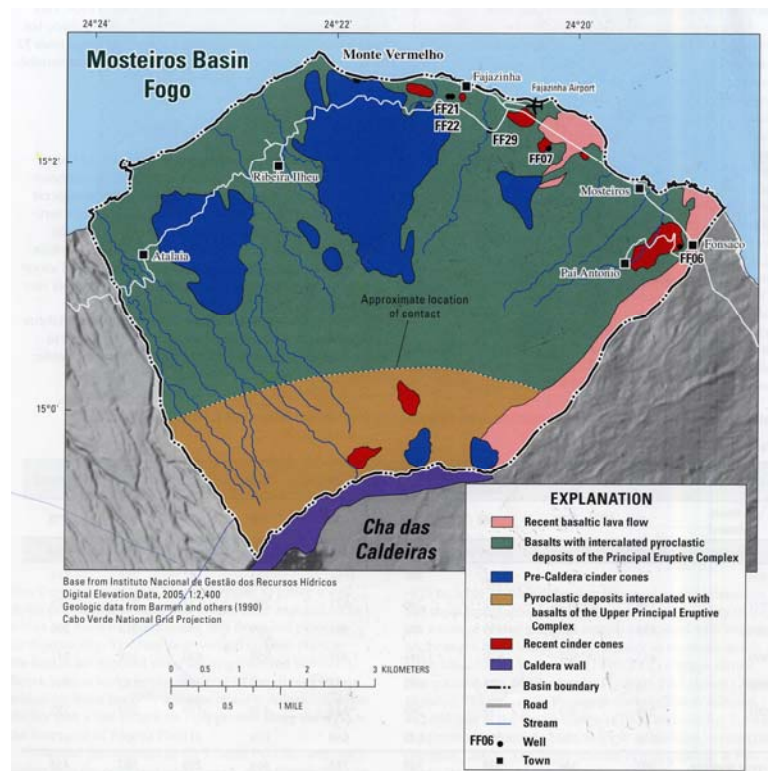


Fig.4: Mapa geológico da bacia de Mosteiros, ilha do Fogo.

## 2.1 S. ANTÃO - BACIA HIDROGRÁFICA DA RIBEIRA DO PAUL.

Santo Antão e Santiago são as ilhas mais antigas, onde a erosão torrencial talhou profundos vales. Estas ilhas parecem não ter estado submersas (em graus significativos) depois da actividade vulcânica que construiu os elevados dorsos montanhosos ali existentes.

Na ilha de Santo Antão as lavas mais antigas têm hábito basáltico e formam elevado dorso montanhosos com altitudes próximas de 2000m. Parece ter havido vários centros vulcânicos principais: um correspondente à Cova, outro ao Tope da Coroa e possivelmente um terceiro, em posição intermédia, hoje muito destruído pela erosão.

Ao contrário do que sucedeu em muitas das outras ilhas, nota-se em Santo Antão importante diferenciação magnética. As ultimas erupções emitiram produtos muito mais ácidos e tiveram carácter altamente explosivo. A ilha deve ter ficado coberta de pedra-pomes e cinzas fonolíticas. Parte da pedra-pomes está aglutinada em tufos pozolânicos que devem corresponder a avalanches ardentes (actividade poleana).

Não estão bem averiguadas quais as chaminés por onde foi emitida a pedra-pomes, mas habitualmente este material provém de chaminés centrais. É possível também que as explosões fonolíticas tenham drenado a parte superior da câmara magnética causando o afundamento da pequena caldeira da Cova, com 800m de diâmetro e 200 de profundidade.

A pozolana de Santo Antão é explorada industrialmente (servindo como correctivo do cimento de construção).

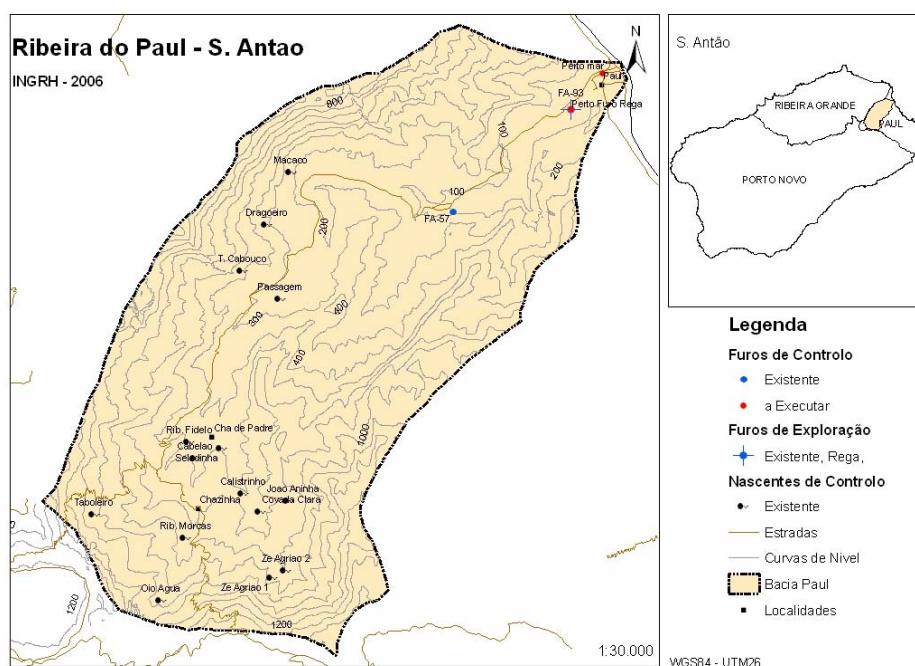
Junto à costa aparecem tufos palagoníticos que correspondem a erupções relativamente modernas. Talvez é a única ilha de Cabo Verde onde não afloram rochas granulares. A ilha não deve ser muito antiga: há lavas de hábito basáltico, ainda relativamente frescas, que cobriram as camadas pumíceas.

Contudo, as correntes que descem de elevada crista montanhosa têm aberto grandiosos vales de erosão e descoberto um complicado sistema filoniano (BABIANO, 1932); causa certa estranheza que não afluem intrusões de rochas granulares.

As condições hidrológicas de Santo Antão e de Santiago são bastante favoráveis. Nas cristas montanhosas destas ilhas a pluviosidade é relativamente elevada e a constituição litológica inclui níveis impermeáveis que retêm lençóis aquíferos.

Há numerosas nascentes aproveitadas para regadio, sendo notável o contraste entre as zonas costeiras áridas e os vales regados. Em muitos pontos a água subterrânea está perto da superfície, sendo fácil a captação por meio de poços não muito profundos.

Na parte ocidental da ilha, há, também, regadio, embora em menor escala. Um facto notável é a abundância de nascentes bicarbonatadas alcalinas, de certa forma, relacionado com a relativa juventude dos fenómenos vulcânicos dessa ilha.



**Fig.5:** Santo Antão – Bacia Hidrográfica da Ribeira do Paul, pontos de exploração e de captação da água.



- **Superfície:** 779Km<sup>2</sup>.
- **Ponto Culminante:** 1979m.
- **Recursos Hídricos:** As condições são muito favoráveis a infiltração da água da chuva nas zonas de maior altitude, principalmente na região Nordeste onde as chuvas são mais abundantes. As fontes são numerosas e importantes, existem algumas ribeiras semi-permanentes.
- **Pluviometria:** Varia entre 500 – 850mm/ano, o que corresponde a um volume de água de 183.787.00m<sup>3</sup>, ou seja, uma de 184L/m<sup>2</sup>. A média pluviométrica anual coloca a ilha na quinta posição.

## 2.3 SÃO NICOLAU – BACIA HIDROGRÁFICA NA RIBEIRA FAJÃ.

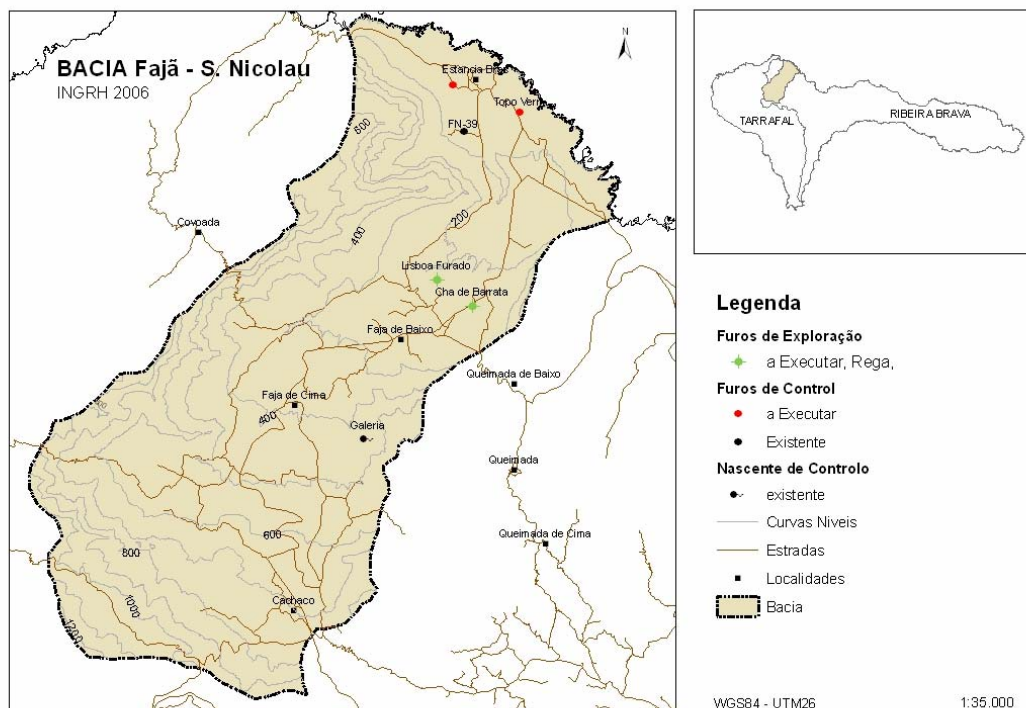
A ilha de S. Nicolau forma também um dorso, com orientação E-W, que é atravessado na direcção N-S por notável escarpa da falha. BEBIANO (1932) admitiu que esta é a mesma falha cuja existência se suspeita a ilha do Fogo.

O bloco mais elevado fica a oeste e atinge a altitude de 1312m. A erosão já modificou o aspecto da escarpa mas a rejeição inicial da falha devia ser superior a 500m.

As rochas da ilha são produtos de hábito basáltico, com alguns fonolíticos e outras rochas relativamente ácidas.

Na base da escarpa de falha afloram palagonitos, que podem corresponder ao complexo mais antigo. Em vários pontos da ilha parecem também existir pequenas segregações de rochas granulares.

- **Superfície:** 343Km<sup>2</sup>.
- **Recursos Hídricos:** A água se infiltra em altitude sobre o Monte Gordo e corre no subsolo até ao mar. A galeria de Fajã (escavada em 2300m de comprimento) drena as águas subterrâneas de um vale fóssil (500m<sup>3</sup>/dia). Existem numerosos furos explorados destinados ao consumo como também pela rega.
- **Pluviometria:** varia entre 100 à 700mm/ano. A pluviometria é alta 700mm, mas muito irregular, 400 a 450mm sobre o relevo da parte oriental e somente 100mm na costa Sul. O total de precipitações corresponde a 66.060.000m<sup>3</sup>/ano, ou seja, uma média de 191L/m<sup>2</sup> o que coloca a ilha na 4ª posição.



**Fig.6:** S. Nicolau – Bacia de Fajã, pontos de exploração e de captação da água.

### 3. PROCESSO PEDOGÉNICO DE FORMAÇÃO DE SOLOS SALINOS.

O solo como um sistema aberto é dinâmico e está em constante interação com a atmosfera, hidrosfera, biosfera e litosfera. Dependendo da intensidade como actuam estes factores, os solos podem apresentar características diferenciadas, que definem as suas potencialidades de exploração pelo Homem.

A génese de solos salinos (holomórficos) está associada grandemente com a formação geológica predominante na paisagem, e com a drenagem. O Homem, como eterno modificador de ambientes, contribui decisivamente para acelerar ou diminuir o processo.

Durante o processo de intermediação das rochas, dependendo da geomorfologia da região, os sais podem ser carreados para horizontes inferiores através da percolação ou levados a lugares distantes por escoamento superficial. No primeiro caso, os sais são depositados nas águas sub-superficiais podendo, por capilaridade, acumular-se na superfície do solo a medida em que a água for evaporada ou consumida pela planta, e o segundo fenómeno é responsável pela deposição e acumulação de sais em rios, mares, barragens. Em regiões húmidas e por se tratar de zonas de elevada precipitação, os sais são lixiviados até o lençol freático ou eliminados através de águas superficiais, com maior frequência.

Embora a fonte principal e directa de todos os sais presentes no solo seja a intermediação das rochas (Richards, 1954) são raros os exemplos em que

*XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*  
**ANTÓNIO PEDRO Said Aly PINA – Eng.º Químico – INGRH – Cabo Verde**

estas fontes de sais tenham provocado directamente problemas relacionados com a salinidade do solo. A salinização do solo por este fenómeno é denominada como **salinização primária**.

Frequentemente, os problemas de salinidade na agricultura caboverdiana têm ocorrido devido à elevação do nível do lençol freático. Em áreas áridas, onde a evaporação é intensa e suplantada pela precipitação, pode ocorrer a inversão sazonal da infiltração, quando parte da água subterrânea tem movimento ascendente por capilaridade, atravessando a zona não saturada para alimentar a evaporação da superfície do solo. Este processo é responsável pela mineralização dos horizontes superficiais do solo, pois sais dissolvidos na água subterrânea acabam precipitando e cimentando os grãos de regolito (salinização do solo), ou seja, endurecimento do solo provocado pela precipitação de carbonato de cálcio pelas águas ascendentes em áreas semi-áridas a áridas.

Nestas regiões e nos trópicos húmidos, a profundidade crítica do lençol sujeita a ascensão capilar, varia de 2,0 à 2,5 m dependendo da textura do solo, do clima, da concentração de sais e do manejo da irrigação.

Os mares e oceanos se constituem em depósitos naturais de sais que são carregados pelas águas escoadas da superfície terrestre, até os pontos mais baixos do relevo, acumulando-se progressivamente. Por ser excessivamente salina (aproximadamente 30g/L) é provável que ela tenha sido a principal fonte de sais em solos provenientes de depósitos marinhos que se assentaram no período antigo. As inundações periódicas pelas águas do mar, devido ao fenómeno de marés-altas, constituem a principal fonte de sais em áreas de cota baixa; outra fonte de salinização pelas águas do mar é as pororocas, quando as águas do mar invadem o leito dos rios, às vezes até 20 – 30km de distância, transbordando suas margens. Quando as marés retrocedem, a água transbordada não acompanha a volta, ficando depositada em depressões, aumentando a concentração salina em áreas localizada nas margens do rio.

Em determinadas situações, a salinização do solo ocorre devido ao transporte de partículas de sais pelos ventos que sopram das marés para os continentes. Quando as ondas do mar se chocam com as barreiras ou rochas, a água pulveriza-se totalmente no ar, de onde podem ser transportadas aos lugares mais distantes, dependendo da direcção e velocidade do vento. Esse facto pode ser verificado quando se determina a quantidade de sais na água da chuva em diferentes distâncias do mar.

A salinização resultante devido à acção antrópica é conhecida como **salinização secundária**. Neste caso, a salinidade do solo resulta da qualidade da água usada na irrigação da eficiência de lixiviação dos sais e da drenagem do solo.

Nem todos os sais incorporados pelas águas ficam no solo, mesmo em regiões áridas ou semi-áridas, pois uma parte pode ser eliminada por percolação, por meio de sucessivas lâminas de irrigação ou chuvas ou, ainda, tornar-se insolúvel mediante a precipitação, quer por reacções químicas ou por

atingir limites de solubilidade na solução do solo. Além disso, outra parte, embora em quantidade pequena, é absorvida pelas plantas para atender às suas necessidades; contudo, o acúmulo de sais no solo em determinado local, pode atingir um equilíbrio. Para que a agricultura irrigada seja sustentável, o nível de concentração de sais no solo, nas condições de equilíbrio, deverá ser inferior ao limite de tolerância das culturas à salinidade.

### 3.1. EFEITOS DOS SAIS NO SOLO.

A argila, predominante em solos de clima árido ou semi-árido, pertence no geral, ao grupo dos silicatos, pois o outro grupo, dos óxidos, ocorre com maior frequência em regiões de intemperismo acentuado, onde houve processos de percolação em abundância durante a formação do solo. Nas regiões de clima árido ou semi-árido, as argilas presentes são do grupo dos silicatos.

A adição de cálcio ao solo é uma prática eficaz para substituir o sódio. De fato, um dos produtos mais empregados para recuperação de solos é o gesso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).

Pode-se concluir finalmente que a salinidade não altera a estrutura do solo com argilas expansivas, mas sim a baixa concentração de sais ( $\text{CE} < 0,2 \text{ dSm}^{-1}$ ) e ou a alta concentração de sódio.

Solos de regiões húmidas, devido a eliminação das bases (sais de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) liberados durante a intermediação das rochas, o hidrogénio e o alumínio predominam no complexo. Por outro lado, solos de regiões áridas semi-áridas com boa drenagem predominam os cátions de cálcio e magnésio porém quando se apresentam com uma drenagem inadequada ou o lençol freático se encontra próximo a superfície, esses cátions, durante o processo de concentração dos sais de evaporação ou evapotranspiração, são precipitados na forma de carbonato de cálcio, visto serem os compostos de menor solubilidade entre os acumulados aumentando, deste modo, a proporção relativa de sódio solúvel na solução do solo. Quando o sódio solúvel atinge a concentração relativa superior a 50% na solução, o mesmo passa a ser absorvido pelo meio em proporções suficientes para promover a dispersão reduzindo, assim a permeabilidade do solo. Enquanto o fenómeno de acumulação de sais no solo é denominado de **salinização**, ao aumento gradual de sódio trocável se denomina de **sodificação**. A sodificação é um processo posterior à salinização, porém eles podem ocorrer de forma simultaneamente quando se tem, na solução do solo, sais exclusivos ou predominantemente de sódio (difícil de ocorrer, pois a rocha normalmente contém um conjunto de compostos químicos).

A água das chuvas, quase pura ao cair e penetrar no solo, solubiliza e arrasta os iões de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , bem como radicais  $\text{CO}_3^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  e outros, transformando-se então numa solução, que flui para formar os rios e lagos. Ao se irrigar um solo de drenabilidade deficiente a nula, situado nas regiões de baixa precipitação médias anuais e alto deficit hídrico, este se torna salino num período de tempo bastante curto, porque as plantas removem

basicamente água do solo, enquanto que a maior parte dos sais fica retida. Nestas condições, o solo tende a se tornar salino caso não seja drenado artificialmente.

### 3.2 EFEITOS NA PLANTA.

Os efeitos da acumulação excessiva dos sais solúveis sobre as plantas podem ser causados pelas dificuldades de absorção de água, toxicidade de iões específicos e pela interferência dos sais nos processos fisiológicos (efeitos indirectos), reduzindo o crescimento e desenvolvimento das plantas.

As plantas retiram a água do solo quando as forças de embebição dos tecidos das raízes são superiores às forças com que a água é retida no solo. A presença de sais na solução do solo faz com que aumentem as forças de retenção por seu efeito osmótico e, portanto, a magnitude do problema de escassez de água na planta. O aumento da pressão osmótica provocado pela salinidade poderá atingir um nível em que as plantas não terão forças de sucção para superá-la e, conseqüentemente a planta não conseguirá absorver água, mesmo de um solo aparentemente húmido. Este fenómeno é conhecido por seca fisiológica. E dependendo do grau de salinidade, a planta em vez de absorver poderá até perder a água que se encontra no seu interior.

Plantas mais tolerantes ao meio salino aumentam a concentração salina no seu interior de modo que permaneça um gradiente osmótico favorável.

## 4. PRINCIPAIS PARÂMETROS PARA A AVALIAÇÃO DA SALINIDADE.

O laboratório de salinidade dos Estados Unidos da América classifica os solos quanto à salinidade em função da Condutividade Eléctrica do Extracto da Saturação (CE), da Percentagem de Sódio Trocável (PST) ou da Razão de Absorção de Sódio (RAS) e do pH.

A linha divisória entre o solo salino e não salino tem estabelecido o valor de  $4 \text{ dS m}^{-1}$  para extractos de pasta saturada do solo. Entretanto, podemos encontrar plantas sensíveis a sais, que podem ser afectadas em solos cujo extracto de saturação apresenta CE entre 2 e  $4 \text{ dS m}^{-1}$ . O comité de Terminologia da Sociedade Americana de Ciência do Solo tem recomendado baixar o limite entre os solos salinos e não salinos para  $2 \text{ dS m}^{-1}$ .

SOLO	CE (mmhos/cm)	RAS (%)	pH
NORMAL	<4	<13	<8,5
SALINO	>4	<13	<8,5
SÓDICO	<4	>13	$\geq 8,5$
SALINO/SÓDICO	>4	>13	<8,5



## 4.1 O pH

O pH de uma solução aquosa é o logaritmo negativo da actividade do ião hidrogénio. É uma medida adimensional.

O pH do solo é influenciado pela composição e natureza dos cátions trocáveis, composição e concentração dos sais solúveis e a presença ou ausência do gesso e carbonatos de cálcio e magnésio.

## 4.2 CONDUTIVIDADE ELECTRICA DO EXTRACTO DA SOLUÇÃO.

A condutividade eléctrica (CE) expressa a habilidade que um meio apresenta em conduzir uma corrente eléctrica.

Devido ao facto de que CE de uma solução aquosa está intimamente relacionada com a concentração total de eletrólitos dissolvidos (solutos iónicos) na solução, ela é comumente usada como uma expressão da concentração total de sais dissolvidos de uma amostra aquosa, embora também seja afectada pela temperatura da amostra, pela mobilidade, valência e concentração relativa dos iões contidos na solução. A temperatura padrão para medição é de 25°C e sua unidade de medida é dada em miliohms por centímetro ou deciSiemens por metro, ambas numericamente equivalentes.

A determinação da CE geralmente envolve a medição da resistência eléctrica da solução, a qual é inversamente proporcional a sua área seccional e directamente proporcional ao seu comprimento. A magnitude da resistência medida depende, contudo, das características da célula condutivimétrica usada para conter a amostra de eléctrodos. A CE de um solo pode ser determinada por meio de um extracto de uma pasta de solo saturado ou em suspensão mais diluída. Porém, para preparação da pasta de saturação, há necessidade de um bom adestramento técnico e certas precauções com a textura do solo.

## 4.3 PERCENTAGEM DO SÓDIO TROCÁVEL (PST).

O sódio pode ser retido por adsorção nas argilas que tem alta capacidade de troca catiónica. O sódio é o cátion responsável pelo aumento da salinidade das águas subterrâneas. O teor de sódio tende a aumentar gradativamente à medida que a água subterrânea percorra na zona de recarga até as suas zonas mais confinadas. Para a agricultura, as águas com elevadas concentrações de sódio são prejudiciais às plantas por reduzir a permeabilidade do solo. Representa a percentagem do sódio em relação aos demais cátions adsorvidos. Seu valor é dado pela seguinte expressão, Nomograma de Richards, 1954:

$$PST = \frac{Na}{(Ca + Mg + Na + H + Al)} 100$$

**Tabela 1:** Classificação da água de irrigação quanto ao risco de salinidade. Frenkel (1984) e Pizarro (1985).

Classes de Salinidade	Riscos de Salinidade	Faixas de CEa (µS/cm)
C <sub>1</sub>	Baixo	<750
C <sub>2</sub>	Médio	750 – 1500
C <sub>3</sub>	Alto	1500 – 3000
C <sub>4</sub>	Muito alto	3000>

**Tabela 2:** Classificação da água de irrigação quanto aos riscos de sodicidade (Ayrres & Westcot, 1991).

RAS (mmol) <sup>1/2</sup>	CLASSES DE SODICIDADE		
	S <sub>1</sub> (sem problemas)	S <sub>2</sub> (problemas crescentes)	S <sub>3</sub> (problemas severos)
	CEa (µS/cm)		
0 – 3	>700	700 – 200	<200
3 – 6	>1200	1200 – 300	<300
6 – 12	>1900	1900 – 500	<500
12 – 20	>2900	2900 – 1300	<1300
20 - 40	>5000	5000 - 2900	<2900

Outro critério é a resistência da cultura a quantidade de alguns sais (Toxicidade).

#### 4.4 RAZÃO DE ADSORÇÃO DE SÓDIO (RAS).

A RAS é um índice que expressa a possibilidade de que a água de irrigação provoque a sodificação do solo, no que depende a proporção do Na<sup>+</sup> em relação aos demais cátions, em mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>.

$$RAS = \frac{Na^{+}}{\left[ \left( \frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2} \right) \right]^{0,5}}$$

A RAS é calculada pelo Nomograma de Richards, 1954.

Considerando que há um equilíbrio entre forma solúveis e trocáveis de um determinado cátion, deve existir uma relação matemática entre RAS e a PST do solo de um determinado local. Desse modo, conhecendo-se essa relação, pode-se estimar a PST de forma rápida e indirecta na ausência dos resultados de análise do complexo sortivo. Segundo Richards (1954), para os solos do Oeste dos Estados Unidos obteve a seguinte estimativa:

$$PST = \frac{100(0,01475 \times RAS)}{1 + (0,01475 \times RAS)}$$

## 5. NÍVEIS DE TOLERÂNCIA A TEORES DE SAIS NO SOLO E NA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO.

Produtividade Potencial									
	100%		90%		75%		50%		0%
	CEes	CEi	CEes	CEi	CEes	CEi	CEes	CEi	CEes (Máximo)
FEIJÃO	1,0	0,7	1,5	1,0	2,3	1,5	3,6	2,4	07
MILHO	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10
BETERRABA	4,0	2,7	5,1	3,4	6,8	4,5	9,6	6,4	15
REPOLHO	1,8	1,2	2,8	1,9	4,4	2,9	7,0	4,6	12
MELÃO	2,2	1,5	3,6	2,4	5,7	3,8	9,1	6,1	16
CENOURA	1,0	0,7	1,7	1,1	2,8	1,9	4,6	3,1	08
PEPINO	2,5	1,7	3,3	2,2	4,4	2,9	6,3	4,2	10
ALFACE	1,3	0,9	2,1	1,4	3,2	2,1	5,2	3,4	09
CEBOLA	1,2	0,8	1,8	1,2	2,8	1,8	4,3	2,9	08
PIMENTA	1,5	1,0	2,2	1,5	3,3	2,2	5,1	3,4	09
ESPINAFRE	2,0	1,3	3,3	2,2	5,3	3,5	8,6	5,7	15
BATATA DOCE	1,5	1,0	2,4	1,6	3,8	2,5	6,0	4,0	11
TOMATE	2,5	1,7	3,5	2,3	5,0	3,4	7,6	5,0	13

FONTE: Irrigation and drainage paper, n. ° 24 – FAO; CROP, Ayers e Bestunto, 1976

**CEes:** Cond. Elect. Do extrato de saturação do solo em dS/m.

**CEi:** Cond. Elect. Da água de irrigação em dS/m.

## 6. QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO.

A classificação da qualidade da água de irrigação utilizada mundialmente por mais de 20 anos foi desenvolvida pelo Laboratório de Salinidade de Riverside (Richards, 1954). A classificação levava em conta condutividade eléctrica e sua adsorção de sódio (RAS) e os valores médios obtidos foram obtidos com base em áreas irrigadas.

Entretanto, durante as últimas décadas consideráveis opiniões têm sido produzidas depois da utilização destas águas em áreas de regiões de clima árido e no semi-árido. No centro destas discussões, em 1976, a FAO desenvolveu um novo guia para uma rápida avaliação do uso destas águas. Este guia foi parcialmente reformulado por Ayers and Westcot, em 1985.

A relação entre a composição química da água e a salinidade do solo, o efeito do sódio na taxa de infiltração e a especificidade tóxica de vários iões e outros efeitos específicos são levados em conta nestes guias.

A variação na qualidade das águas para a irrigação depende da zona climática, fonte de água, trajecto percorrido, época do ano, geologia da região e desenvolvimento da irrigação. Normalmente, águas das zonas áridas ou em épocas mais secas do ano apresentam maior teor de sais; águas subterrâneas

são mais salinas do que as águas dos rios e estas próximas da foz, contêm mais sais do que próximas a nascente.

A avaliação dos riscos de salinização de uma determinada área mediante a água de irrigação não poderá ser realizada simplesmente pela qualidade da água, pois seus efeitos dependem das características do solo, da tolerância das culturas a serem exploradas, das condições climáticas locais e do manejo da irrigação e drenagem, além de suas características físico-químicas. Desse modo, a qualidade da água de irrigação pode ser considerada como um importante factor, mas nunca deve ser esquecido que ela é tão-somente um dos factores e que não é possível desenvolver um sistema de classificação que possa ser utilizado sob todas as circunstâncias.

Na realidade, não existe um limite fixo da qualidade das águas e seu uso é determinado pelas condições que controlam a acumulação dos sais e seus efeitos nos rendimentos das culturas (Ayers & Westcot, 1999). Uma irrigação mesmo com baixos teores de sais (CE entre 0,1 a 1,0 dS/m) podem surgir problemas de salinização, não pela água utilizada mas devido a elevação do lençol freático provocado pela aplicação de lâminas excessivas de água, perdas de água em canais de distribuição e drenagem deficiente.

## **7. PRINCIPAIS PRÁTICAS CULTURAIS RECOMENDÁVEIS PARA PREVENÇÃO DA SALINIDADE.**

Todo o solo situado em regiões climáticas caracterizadas por baixas precipitações e altos déficits hídricos climáticos e que ao mesmo tempo possua má drenabilidade, tende a tornar salino, com a irrigação, mesmo que esta seja feita com água de boa qualidade.

Somente irrigar terras de boa drenabilidade, ou seja, áreas seleccionadas tendo como base estudos de solos ou classificação de terras para irrigação que se baseie em parâmetros adequados para a região, principalmente do impermeável.

Solos com menos de 1,0m de profundidade não devem ser irrigados a não ser em condições muito especiais e quando se tratar de região semi-árida, terão que contar com uma implantação de sistema de drenagem subterrânea.

A evolução do processo de salinização pode ser evitada, em caso mais favoráveis, através de uma irrigação eficiente ou meio da instalação de sistema de drenagem subterrânea e colectores, para desta forma facilitar a percolação profunda de parte das águas das chuvas ou excedentes de irrigação e assim promover a lavagem de sais do solo.

O usuário de água poderá adoptar certos procedimentos visando reduzir os problemas de salinidade que poderão surgir caso a água de irrigação possua condutividade eléctrica acima de  $0,7 \text{ dS m}^{-1}$ . Os procedimentos mais usuais são os seguintes:

## **a) FREQUÊNCIA DE IRRIGAÇÃO E NECESSIDADE DE LIXIVIAÇÃO.**

A frequência de irrigação é uma das práticas de manejo de água disponível para enfrentar solos e águas salinos (Medeiros e Gheyi, 1997). Poucas evidências experimentais existentes, entretanto, sustentam como recomendação comum, que o intervalo de irrigação deveria ser diminuído quando se utiliza água de irrigação salina (Rhoades et al., 1992)

Irrigações frequentes aumentam a evaporação do solo, levando a aplicações adicionais de água e um acréscimo na quantidade de sais aplicados. Consequentemente, encurtando o intervalo entre as irrigações para superar o efeito da concentração por ocasião do secamento do solo, pode resultar num aumento global da salinidade. O efeito líquido desse processo contraditório no rendimento da cultura é difícil prever.

No entanto, quando a acumulação de sais é excessiva, ou quando se suspeita que vai alcançar este nível, os sais podem ser lixiviados, aplicando-se na zona radicular mais água que a necessária às culturas, durante seu período de crescimento. Esta quantidade extra de água percola abaixo da zona radicular removendo pelo menos uma parte dos sais acumulados. Este processo de lixiviação é factor básico no controle dos sais solúveis aplicados com a água de irrigação. A longo prazo, a quantidade de sais removidos por lixiviação deve ser igual ou superior à dos sais aplicados com a água de irrigação, para evitar sua acumulação e concentração em níveis perigosos. Os factores críticos no controle de sais são a quantidade de água necessária para a lixiviação e o momento oportuno de sua aplicação. A lixiviação é considerada uma prática básica, porém esta prática somente deve ser utilizada quando as condições de drenagem abaixo da zona radicular forem tais que evitem a ascensão do nível de lençol freático e de sais.

A necessidade de lixiviação (NL) é a fracção de água aplicada com irrigação que deve atravessar a zona radicular para manter os sais num determinado nível.

Para estimar a NL, necessita-se conhecer tanto a salinidade da água de irrigação como a salinidade tolerada pela cultura e solo. A salinidade da água de irrigação pode ser medida directamente, em termos de condutividade eléctrica (CEa). A salinidade tolerada pela cultura pode ser estimada utilizando-se as tabelas nas quais a salinidade tolerada é a salinidade média da água contida na zona radicular, representada pela salinidade do extracto (CEes).

A NL pode ser obtida da seguinte equação:

$$NL = CEa / (5CEes - CEa)$$



Em que:

NL= necessidade de lixiviação mínima que se necessita para controlar os sais dentro do limite de tolerância das cultura, empregando-se métodos comuns de irrigação por superfície.

CEa = salinidade da água de irrigação, em  $\text{dS m}^{-1}$

CEes = salinidade do extracto de saturação do solo, em  $\text{dS m}^{-1}$ , que representa a salinidade tolerável por determinada cultura.

Recomenda-se que nos cálculos com a equação 1 se utilizem valores de CEes correspondentes ao potencial de rendimento mínimo de 90%; igualmente, recomenda-se que, para águas de salinidade moderada alta ( $\text{CEa} > 1,5 \text{ dS m}^{-1}$ ) seleccione-se o valor da CEes correspondente ao valor de 100%, já que o controle de salinidade é decisivo para se obter bons rendimentos.

$$LA = ETc/(1-NL)$$

Sendo:

LA = lâmina de irrigação (mm/ano)

ETc= evapotranspiração da cultura (mm/ano)

NL = necessidade de lixiviação

A lixiviação pode ser praticada a cada irrigação, intercalada ou mesmo em cada período seco (estação) ou em intervalos ainda maiores.

Nos cálculos das NL, deve-se levar em conta as chuvas. A água da chuva que se infiltra e se armazena na zona radicular (chuva efectiva) satisfaz total ou parcialmente a demanda da evapotranspiração; por outro lado, a água de chuva que atravessa a zona radicular e percola até as maiores profundidades, podem satisfazer o total ou parte das necessidades de lixiviação. A chuva é eficaz para lixiviar os sais da zona radicular, devido a sua uniformidade de aplicação e a ausência quase total de sais ( $\text{CE} < 0,05 \text{ dS m}^{-1}$ ); por outro lado, a lixiviação é mais eficiente quando a intensidade de chuva é menor que a velocidade de infiltração da água.

Deve-se dar preferência, lixiviar os sais durante as estações frias, aumentando a eficiência já que a ETc é mais baixa e irrigar antes do início das chuvas quando se prevê que serão insuficientes para completar a lixiviação e evitar períodos de repouso, particularmente durante os verões quentes, já que os mesmos favorecem a rápida salinização secundária proveniente do nível de lençol freático alto.

## **b) ESCOLHA DO MÉTODO DE IRRIGAÇÃO.**

Os métodos de irrigação afectam a eficiência de aplicação da água e a salinidade. Enquanto os por inundação e aspersão são projectados de forma que distribuam a água uniformemente sobre a área irrigada, produzindo um perfil de salinidade, no qual a maior parte dos sais se acumula na parte inferior da zona radicular. Já, os sistemas de irrigação por sulco e por gotejamento aplicam água somente em uma parte da superfície do terreno. Em irrigações por sulco, os sais, além de aumentarem com a profundidade, acumula-se nas partes do solo não alcançado pela água e parte dos sais se desloca com a água capilar até os pontos mais altos, onde se acumula por efeito da evaporação, enquanto outra é lixiviada a maiores profundidades, juntamente com a água gravitacional. Na irrigação por gotejamento, os sais se acumulam na periferia do solo molhado por um emissor da água.

A uniformidade da profundidade da lâmina de irrigação aplicada pelos sistemas de irrigação por superfície é função da velocidade e do tempo de infiltração. Dentro da mesma área, a velocidade de infiltração varia com as diferenças de textura e estrutura do solo, como também com as diferenças em compactação e composição química. O tempo de infiltração, por outro lado, é afetado pela distância entre o ponto em consideração e a fonte de água, pelos aspectos físicos que retardam seu deslocamento superficial como, por exemplo, densidade de plantio e outros, e pelo próprio projecto do sistema. Em geral, o tempo de infiltração na cabeceira das áreas irrigadas por estes métodos é maior do que na parte baixa onde, conseqüentemente, a lâmina aplicada é também menor. A distribuição superficial da água é afectada pelas irregularidades do terreno, sendo os pontos altos os que recebem menos água.

Os sistemas convencionais de irrigação por aspersão são mais apropriados para se aplicar lâminas grandes, apresentando maior dificuldade e menor eficiência na aplicação de lâminas menores (80 a 100 mm) razão por que as irrigações frequentes, necessárias para reduzir os possíveis estados de escassez da água nas plantas tendem a ser menos eficientes e criam problemas de drenagem; ao contrário, os sistemas de irrigação por aspersão e gotejamento prestam-se melhores à prática de irrigação frequentes.

## **c) DRENAGEM SUBTERRÂNEA.**

As águas de alta salinidade requerem maior quantidade de água para lixiviar os sais acumulados, aumentando, conseqüentemente, o risco de nível de lençol freático alto, tornando praticamente impossível manter-se a longo prazo, a agricultura irrigada, sem adequado sistema de drenagem. Se a drenagem for suficiente, o controle da salinidade exigirá apenas bom manejo para assegurar a água necessária às culturas e à lixiviação dos sais dentro dos limites de tolerância das plantas.

Frequentemente, a presença de nível de lençol freático pouco profundo está associado à presença de solo de baixa permeabilidade, como camada de argila pesada ou a presença da rocha matriz. O excesso de água é derivado, frequentemente, de irrigações excessivas, de filtrações provenientes de terras

mais elevadas e/ou de vazamento de águas dos canais. Ao se irrigar um solo de drenabilidade deficiente a nula e em regiões de baixa precipitação, este se torna salino em um período de tempo bastante curto, porque as plantas removem basicamente a água enquanto que a maior parte dos sais acaba sendo então retidas.

A forma mais eficaz de se controlar a salinidade resultante de lençóis freáticos pouco profundos é mediante um sistema de drenagem que permita rebaixar o nível das águas e mantê-lo estável a esta profundidade. Deve-se aplicar a drenagem sempre que se explorar terras novas e é essencial para assegurar o êxito, a longo prazo, de todos os projectos de irrigação. Tem-se que prever os problemas de drenagem e formular sua solução imediata ou futura por antecipação. Uma vez estabelecida a drenagem adequada, os problemas de salinidade podem ser controlados por meio de manejo eficiente de irrigação. O tema drenagem, incluindo suas necessidades, estudos de campo e projectos, é tratado, entre outras, nas seguintes publicações: Dieleman & Trafford (1976) e Dieleman et al. (1980).

O estudo da variação do lençol freático efectuado através de poços de observação permite obter informações a respeito da profundidade do lençol e da direcção do fluxo de água.

O sistema de drenagem na área, preferencialmente, deverá ser projectado de modo que fique aproximadamente perpendicular às linhas de fluxo, se a área tiver um declive pequeno. Um outro aspecto, é que o dimensionamento dos drenos deverá ser baseado para a época crítica do ano, ou seja, o período chuvoso, levando-se em conta as características do solo e as exigências da cultura.

Para maiores detalhes de dimensionamento, verificar em Cruciani, 1997.

#### **d) ADUBAÇÃO.**

Os fertilizantes naturais e químicos e os correctivos contêm concentrações altas de muitos sais solúveis. Quando são colocados nas proximidades das sementes ou plantas, esses produtos provocam ou intensificam os problemas de salinidade e/ou toxicidade; por exemplo, uma aplicação de nitrogénio de 50 kg/ha (250 kg/ha de sulfato de amónia) espalhado uniformemente sobre a superfície de um hectare, não causaria problema de salinidade, enquanto que, se colocasse junto com a semente, provavelmente provocaria redução na germinação ou no desenvolvimento das plantas e consequentemente redução de rendimentos.

As plantas, na fase inicial de desenvolvimento, são sensíveis a salinidade e requerem pouca fertilização; portanto, pode-se aplicar pequena quantidade de fertilizantes antes ou no momento da semeadura e o resto em uma ou mais aplicações, entre a emergência e a fase de crescimento vigoroso. Na adubação deve-se considerar a aplicação de fertilizantes com índices baixos de sais. A Tabela 1 inclui índices de salinidade para vários fertilizantes. Quanto mais baixo for o índice de salinidade de um fertilizante, menor será o perigo de queimadura nas folhas e de danos nas plantas jovens. Considera-se,

geralmente, que um aumento do nível de fertilização acima do necessário para o óptimo desenvolvimento não afecta a tolerância das plantas à salinidade; mas se a salinidade e a baixa fertilidade limitam a produção, a correcção de uma ou ambas provocará aumento no rendimento da cultura; entretanto, se a fertilidade é adequada e a salinidade é o factor limitante, a adubação não provocará aumento nos rendimentos nem melhorará a tolerância a salinidade.

**Tabela 3:** Efeitos de alguns fertilizantes sobre a solução do solo.

Fertilizante	Índice de Salinidade
Carbonato de calcário.	4,7
Nitrato de sódio	100,0
Sulfato de amónio	69,0
Cloreto de potássio, 50%	109,4
Cloreto de potássio, 60%	116,3
Cloreto de potássio, 63%	114,3
Sulfato de potássio e magnésio	43,2
Fosfato de amónio, 11-48	26,9
Nitrato de cálcio	52,5
Nitrato de potássio	73,6
Ureia	75,4
Super fosfata, 16%	7,8
Super fosfata, 20%	7,8
Super fosfato, 45%	101
Super fosfato, 58%	10,1

Fonte: Resumido de Ayers & Westcot, 1999.

#### e) MANEJO AGRONÓMICO.

Aração profunda pode redistribuir sais no perfil do solo. A prática deveria ser avaliada numa pequena área antes de arar a área completa. Camadas de solo pouco permeável que impede o movimento de água através da zona radicular pode ser distribuída através da subsolagem. No entanto, seu efeito é temporário permanecendo de uma a dois anos.

A aplicação de esterco, resíduos de colheitas e no solo, favorece a estruturação do solo e melhoram a infiltração da água. Os resíduos podem ser deixados como cobertura na superfície ou incorporados. Quando aplicados na superfície “mulch”, reduzem a ascensão de água e o movimento de sais nos solos salinos e facilitam a lixiviação pelas chuvas. Para que as incorporações sejam eficientes, são necessárias adições de grandes volumes nos primeiros 15 cm, de maneira que controlem a quantidade de água infiltrada em um tempo determinado (Ayers e Westcot, 1999). Os efeitos também são temporários.

## 8. RESULTADOS.

A seguir são apresentados as tabelas com os parâmetros analisados e os resultados obtidos. A tabela 4 foi elaborada com base nas amostras analisadas na Divisão dos Serviços Laboratoriais do INGRH.

Pto	Local de colheita	Data	PARÂMETROS ANALISADOS							
			Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CEa	PST	RAS	RAS <sup>0</sup>
			(meq/L)	(meq/L)	(meq/L)	(meq/L)	(μS/cm)	%	(mmol/L) <sup>1/2</sup>	(mmol/L) <sup>1/2</sup>
Nascente	Ilha do Fogo	Maio/07	0,99	0,76	0,60	1,37	303	0,75	1,20	1,01
FF - 21	Ilha do Fogo	Maio/07	2,53	1,08	1,87	2,08	653	4,20	3,80	3,61
Fajã Galeria	Ilha do São Nicolau	Maio/07	2,23	0,82	0,89	1,64	446	2,60	2,70	2,17
FA - 57	S. Antão	Maio/07	1,42	0,70	0,86	1,81	412	3,50	3,55	2,77

**Tabela 4:** Tabela do resumo dos resultados obtidos.

### 8.1. ANÁLISE DOS RESULTADOS.

O arquipélago de Cabo Verde é caracterizado pelo clima semi-árido, com balanço hídrico bastante adverso, pelo periodicos problemas de seca. Terrenos, predominantemente de formação rochosa, acidentados, proporcionando o carreamento de sedimentos com altos teores de sais susceptíveis de apresentar reservatórios salinizados.

Com base nas amostras recolhidas, dos parâmetros analisadas e dos resultados obtidos no Laboratório do INGRH permitimos concluir:

Em Junho de 2006, a classificação da água das amostras caracterizadas (Nascente da ilha do Fogo e do Furo de exploração FF – 21, da Galeria de Fajã – S. Nicolau e do furo FA -57 em S. Antão) é a seguinte:

❖ Baixo risco de Salinidade e de Sodicidade ↔ C<sub>1</sub> S<sub>2</sub>

Em Maio de 2007, tiveram a mesma classificação.

Portanto, uma melhoria considerável na salinidade, com concentrações de Ferro, Cloretos e de Sódio dentro dos padrões para a irrigação.

O termo salinidade se refere a existência de níveis de sais no solo que possam prejudicar de maneira economicamente significativa o rendimento das plantas cultivadas.

A sensibilidade a existência de maiores ou menores teores de sais no solo é uma característica de cada tipo de planta, que absorvidos e acumulados nos tecidos com concentrações suficientemente altas para provocar danos e



reduzir seus rendimentos. Umas toleram concentrações altas como a cevada e o algodão, enquanto que outras, como o feijão e a cenoura, são bastante sensíveis, mesmo a teores baixos. A magnitude dos danos depende do tempo, concentração, tolerância da cultura e volume de água transpirada.

Conclui-se que fazendo análises do Risco de Salinidade e de Sodicidade não há distinção nos resultados quando analisados diferentes pontos de coleta na mesma data.

Observou-se uma relação directa entre os meses sem precipitação e com alta evaporação, e o alto risco de salinidade.

Tem-se observado que a salinização, onde há irrigação, ocorre mais comumente nas zonas que possuam baixa precipitação. A irrigação por sulco de baixíssima eficiência, é um factor que tem contribuído com grande intensidade para a evolução do processo.

## BIBLIOGRAFIA

ASSUNÇÃO, C.F. TORRE de (1954) - Expedição Científica à Ilha do Fogo – Estudos Petrográficos. J. Inv. Ultramar, Lisboa.

BATISTA, MJ.; NOVAES, F.; SANTOS, D.G.; SUGUINO, H.H. Drenagem como instrumento de dessalinização e prevenção da salinização de solos. Brasília: CODEVASF, 216p., 2002.

BEBIANO, J. BACELAR (1932) - A Geologia do Arquipélago de Cabo Verde. Com. Serv., Geol. Port., t, 18, pp. 1-275.

BLETRÁN, J.M. Irrigation with saline water: benefits and environmental impact. Agricultural water management, v.40, p.183-194, 1999.

CRUCIANI, D.E. Drenagem agrícola para recuperação dos solos afectados por sais. In: SIMPÓSIO “MANEJO E CONTROLE DA SALINIDADE NA AGRICULTURA IRRIGADA”. Campina Grande: UFPB, 1997.

DIELEMAN, P.J. et al. Elementos para el proyecto de drenaje. Roma, FAO, 1980. 52p. (Estúdios FAO: Riego e Drenaje, 38)

DIELEMAN, P.J.; TRAFFORD, B.D. Ensaio de drenaje. Roma, FAO, 1980. 52p. (Estúdios FAO: Riego e Drenaje, 28).

Drainage design factors. Irrigation and Drainage Paper No. 38, Rome, 52 pp FAO, 1980.

MACHADO, F. (1965a) – Vulcanismo das ilhas de Cabo Verde e das outras Ilhas Atlânticas. J. inv. Ultramar, Lisboa.

(1965b) – Mechanism of Fogo volcano, Cape Verde Island. Garcia de Orta, v. 13, pp, 597 – 604.

MACHADO, F. e ASSUNÇÃO, C. F. T. de (1965) - Carta Geológica de Cabo Verde (na escala de 1/100 000); noticia explicativa da folha da ilha do Fogo; estudos petrográficos. Garcia de Orta, v.13, pp. 597-604.

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. The use of saline waters for crop production. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 48, Rome, 133 pp, 1992.

RICHARDS, L.A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Agricultural Handbook, n.60, Washington, 160p., 1954.

SILVA, A.S. Sistemas pressurizados de irrigação: aspersão convencional e localizada. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1994, 257 p.